



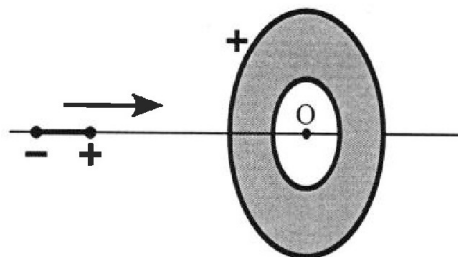
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

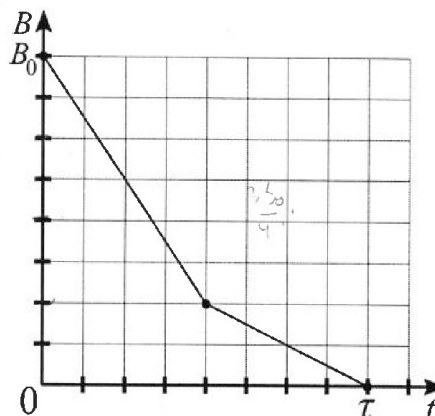
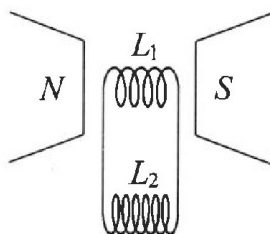


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполью сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



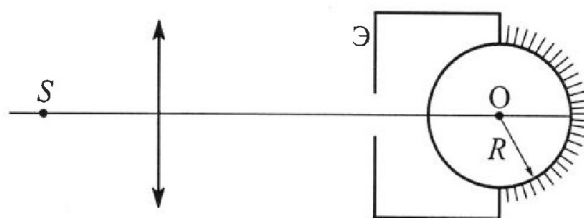
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 3L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



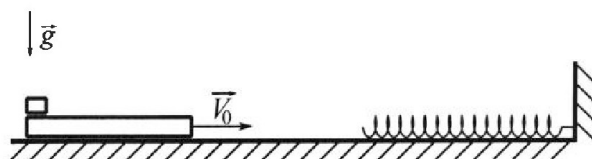
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

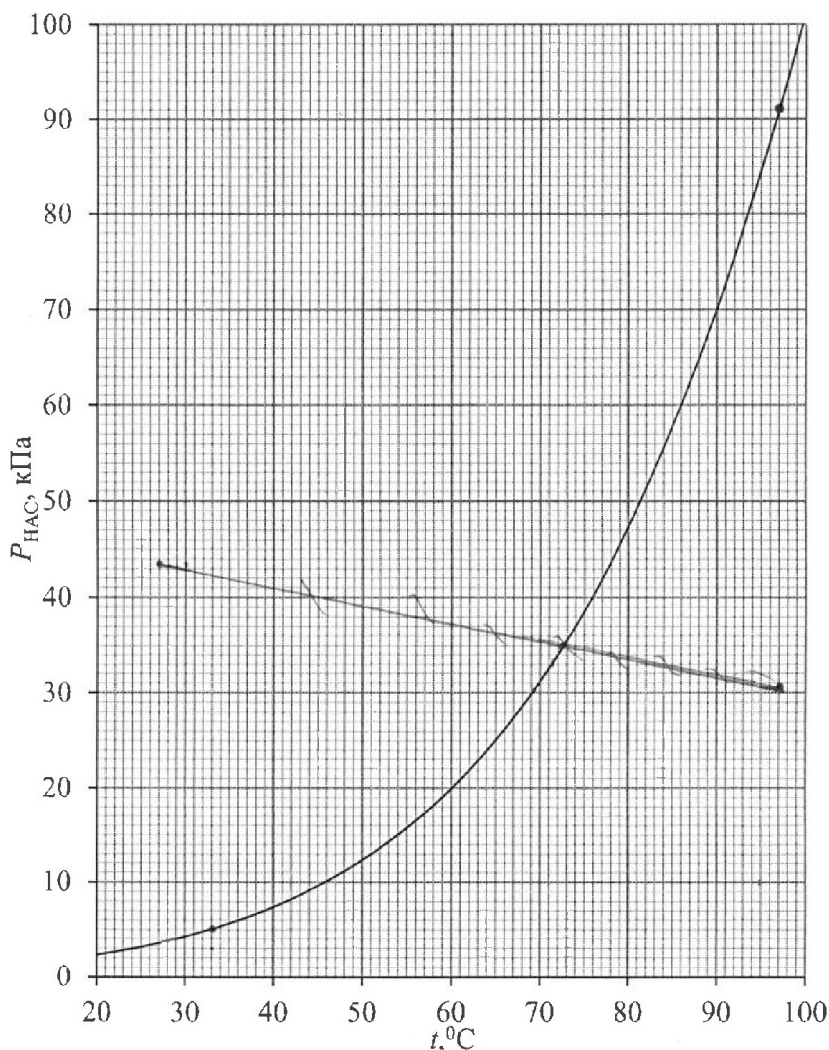


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа мож но пренебречь. Пар считать идеальным газом.





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$M=2\text{ кг}, m=1\text{ кг}$$

$$v_0=1\frac{\text{м}}{\text{с}}, k=36\frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\mu=0,3, g=10\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$n=3$$

$$x_0=?$$

$$t_0=?$$

$$a_m=?$$

$$F_{\text{тр. макс}} = \frac{kx_{\text{max}}}{m+m} \leq \mu mg$$

$$x \leq \frac{\mu(M+m)g}{k} \Rightarrow x_0 = \frac{\mu(M+m)g}{k} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10}{36} = \frac{1}{4} = 0,25\text{ м}$$

- при $x \neq 0$ не считаемся скольжением

② Из (1): $\ddot{x} = -\frac{kx}{m+m} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m+m}}$ t - от начала сжатия

$$x = A \cos \omega t + B \sin \omega t, \quad x(0) = 0 \Rightarrow A = 0$$

$$\dot{x} = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t \Rightarrow \dot{x} = v_0 \cos \omega t$$

$$\sin \omega t_0 = \frac{\omega x_0}{v_0}$$

$$t_0 = \sqrt{\frac{m+m}{k}} \arcsin \left(\frac{\mu(M+m)g}{k v_0} \cdot \sqrt{\frac{k}{m+m}} \right) = \sqrt{\frac{3}{36}} \cdot \arcsin \left(\frac{0,25}{1} \cdot \sqrt{\frac{36}{3}} \right)$$

$$t_0 = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \arcsin \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\pi}{3\sqrt{12}} \approx \frac{1}{\sqrt{12}}\text{ с}$$

$$\dot{x}(t_0) = \frac{v_0}{2}$$

③ После начала скольжения:

$$M a_x = \mu m g - k x$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} x = \frac{\mu m g}{m} \Rightarrow \Omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad t - \text{время от начала скольжения}$$

$$x = \frac{\mu m g}{k} + C \sin(\Omega t + \varphi_0), \quad x(0) = \frac{\mu(M+m)g}{k} - \frac{\mu m g}{k} = C \sin \varphi_0$$

$$\dot{x} = C \Omega \cos(\Omega t + \varphi_0), \quad \dot{x}(0) = \frac{v_0}{2} \Rightarrow \frac{v_0}{2} = C \cos \varphi_0$$

$$C = \sqrt{\left(\frac{\mu m g}{k}\right)^2 + \left(\frac{v_0}{2\Omega}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,3 \cdot 2 \cdot 10}{36}\right)^2 + \left(\frac{1}{4} \cdot \frac{2}{36}\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{36} + \frac{1}{2 \cdot 36}} = \sqrt{\frac{3}{72}} = \sqrt{\frac{1}{24}}\text{ м}$$

$$\ddot{x} = -C \Omega^2 \sin(\Omega t + \varphi_0)$$

$$\text{Если } x = x_{\text{max}}, \text{ то } \sin(\Omega t + \varphi_0) = 1 \Rightarrow \ddot{x} = -C \Omega^2$$

$$a_m = |\ddot{x}| = C \Omega^2 = \frac{1}{\sqrt{24}} \cdot \frac{k}{m} = \frac{1}{\sqrt{24}} \cdot \frac{36}{2} = \frac{9}{\sqrt{6}} = \frac{3\sqrt{6}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ: $0,25\text{ м}, \frac{1}{\sqrt{12}}\text{ с}, \frac{3\sqrt{6}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$p = 105 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 91^\circ\text{C}$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{3}$$

$$t = 33^\circ\text{C}$$

$$p_1 = ?$$

$$t^* = ?$$

$$\frac{V}{V_0} = ?$$

По закону Дальтона: $p_0 = p_{\text{пара}} + p_{\text{возд}}$

$$1) p_1 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}}(t_0) = \frac{1}{3} \cdot 91 = \frac{91}{3} \text{ кПа}$$

2) Если пар ещё не является насыщенным:

$$\frac{p_{\text{пара}} V}{T} = \frac{p_1 V_0}{T_0}$$

$$\frac{p_{\text{возд}} V}{T} = \frac{V_0}{T_0} \cdot (p_0 - p_1) - 0,73$$

$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} \Rightarrow p_{\text{пара}} = p_1 \Rightarrow$$

$$p_{\text{возд}} = p_0 - p_1$$

$$p_1 = \varphi p_{\text{нас}}(T)$$

$$p_{\text{нас}}(T) \downarrow \Rightarrow \varphi \uparrow$$

Конденсация начнётся, когда $\varphi = 1$

$$p_1 = p_{\text{нас}}(t^*) \Rightarrow p_{\text{нас}}(t^*) \approx 30,3 \text{ кПа}$$

По графику: $t^* \approx 71^\circ\text{C}$ 69°C

3) Объединим уравнения закона для воздуха:

$$\frac{(p_0 - p_1) V_0}{T_0} = \frac{(p_0 - p_{\text{нас}}(t)) V}{T}$$

$$p_{\text{нас}}(t) \approx 5 \text{ кПа}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(p_0 - p_1) T}{2(p_0 - p_{\text{нас}}(t)) T_0} = \frac{105 - \frac{91}{3}}{105 - 5} \cdot \frac{306}{370} = \frac{224 \cdot 306}{300 \cdot 370}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{32 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 17}{3 \cdot 25 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 37} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 17 \cdot 3}{3 \cdot 125 \cdot 37} = \frac{56 \cdot 51}{375 \cdot 37} = \frac{992}{13875} = \frac{2856}{4625}$$

$$\text{Ответ: } p_1 = \frac{91}{3} \text{ кПа} (\approx 30,33 \text{ кПа}), t^* = 71^\circ\text{C}, \frac{V}{V_0} = \frac{2856}{4625}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

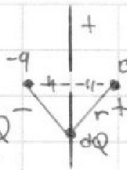
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} v_{\min} &= v_0 \\ v_+ &= \frac{3v_0}{2} \\ v_c &= ? \\ v_{\max} &= ? \\ v_{\min} &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dW_{p+} &= kq dq \frac{1}{r^2} \\ dW_{p-} &= -kq dq \frac{1}{r^2} \end{aligned}$$

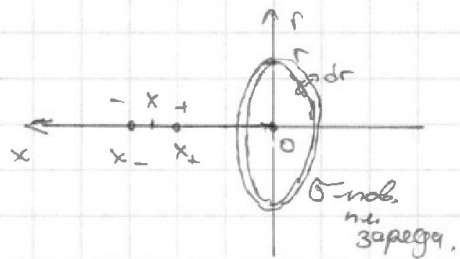


Энергия взаимодействия заряда $+q$ с любым элементом участка кольца противостоит энергии взаимодействия $-q$ с этим же участком

Поэтому энергия взаимодействия равна 0

$$\begin{aligned} 3 \text{ СЭ: } 0 + \frac{mv_0^2}{2} &= \frac{mv_c^2}{2} + 0 \\ v_c &= v_+ = \frac{3v_0}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ 3 СЭ: } \begin{cases} \frac{mv_+^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} + W_{\min} \\ \frac{mv_-^2}{2} = \frac{mv_{\min}^2}{2} + W_{\max} \\ \frac{mv_0^2}{2} = 0 + W_{\max} \end{cases} \Rightarrow W_{\max} = \frac{mv_0^2}{2} \end{aligned}$$



Пусть центр кольца расположен на расстоянии $|x|$ от 0

r_1, r_2 ($r_2 > r_1$) - радиусы внешнего и внутреннего кругов.

Энергия взаимодействия $+q$ с кольцом:

$$W_{p+} = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2\pi r dr \cdot \sigma \cdot q}{\sqrt{x^2 + r^2}} = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} \cdot \int \frac{r dr}{x^2 + r^2} = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} (\sqrt{r_2^2 + x^2} - \sqrt{r_1^2 + x^2})$$

$$\text{Аналогично } W_{p-} = -\frac{\sigma q}{2\epsilon_0} (\sqrt{r_2^2 + x^2} - \sqrt{r_1^2 + x^2})$$

$$W_p = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} (\sqrt{r_2^2 + (x + \frac{e}{2})^2} - \sqrt{r_1^2 + (x + \frac{e}{2})^2} - \sqrt{r_2^2 + (x - \frac{e}{2})^2} + \sqrt{r_1^2 + (x - \frac{e}{2})^2})$$

Заметим, что $W(x) = -W(-x)$

Если $W(x_0) = W_{\max}$, то $W(-x_0) = -W_{\max}$
 $W(x'_0) = W_{\min}$, то $W(-x'_0) = -W_{\min}$

Пусть $W(x_0) = W_{\max}$ - без ограничения общности, пусть это максимальная
 Тогда $W(-x_0) = -W_{\max}$ но модуль энергии (иначе берем $W(x) = W_{\min}$)
 и делаем аналогично

$$W_{\max} = -W_{\min}$$

$$W_{\min} = -\frac{mv_0^2}{2}$$

Тогда:

$$\frac{9mv_0^2}{8} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_{\max}^2}{2} \Rightarrow v_{\max}^2 = \frac{9v_0^2}{4} + v_0^2 = \frac{13v_0^2}{4} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{13}{4}} v_0$$

$$\frac{9mv_0^2}{8} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_{\min}^2}{2} \Rightarrow v_{\min}^2 = \frac{9v_0^2}{4} - v_0^2 = \frac{5v_0^2}{4} \Rightarrow v_{\min} = \sqrt{\frac{5}{4}} v_0$$

Ответ: $\frac{3v_0}{2}, \sqrt{\frac{13}{5}} v_0$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

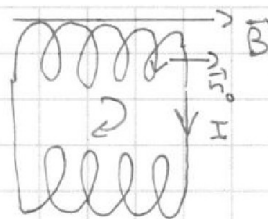
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$L_1 = L, L_2 = 3L \quad B = B_0 - \frac{3B_0}{2\tau}t \quad \text{при } t \in [0; \frac{\tau}{2}]$$

$$S_1, n, B_0, \tau \quad B = \frac{B_0}{2} - \frac{B_0}{4\tau}t \quad \text{при } t \in [\frac{\tau}{2}; \tau]$$

$$I_0 = ?$$



1) Второе правило Кирхгофа:

$$\mathcal{E}_{S1} + \mathcal{E}_{S2} + \mathcal{E}_I = 0$$

$$-L \frac{dI}{dt} - 3L \frac{dI}{dt} - nS_1 \frac{dB}{dt} = 0 \quad \leftarrow -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\int_0^{I_0} 4L dI = -nS_1 \int_0^{B_0} dB$$

$$\int_0^{I_0} 4L dI = -nS_1 \int_0^{B_0} dB \Rightarrow 4LI_0 = nS_1 B_0$$

$$I_0 = \frac{nS_1 B_0}{4L}$$

$$2) 4L \frac{dI}{dt} = -nS_1 \frac{dB}{dt}$$

$$① t \in [0; \frac{\tau}{2}] \Rightarrow \frac{dB}{dt} = -\frac{3B_0}{2\tau}$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{3nS_1 B_0}{8L\tau}$$

$$I_1(t) = I(0) + \frac{3nS_1 B_0}{8L\tau} t \Rightarrow q_1 = \int_0^{\frac{\tau}{2}} I_1(t) dt = \frac{3nS_1 B_0}{8L\tau} \cdot \frac{\tau^2}{8} = \frac{3nS_1 B_0 \tau^2}{64L\tau}$$

$$② t \in [\frac{\tau}{2}; \tau] \Rightarrow \frac{dB}{dt} = -\frac{B_0}{2\tau}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \frac{nS_1 B_0}{8L\tau}, \quad I_1\left(\frac{\tau}{2}\right) = \frac{3nS_1 B_0}{16L}$$

$$I_2(t) = I_2\left(\frac{\tau}{2}\right) + \frac{nS_1 B_0}{8L\tau} \left(t - \frac{\tau}{2}\right) = \frac{3nS_1 B_0}{16L} + \frac{nS_1 B_0 t}{8L\tau}$$

$$q_2 = \int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} I_2(t) dt = \frac{3nS_1 B_0}{8L\tau} \left(\tau - \frac{\tau}{2}\right) + \frac{nS_1 B_0}{8L\tau \cdot 2} \left(\tau^2 - \frac{\tau^2}{4}\right)$$

$$q_2 = \frac{nS_1 B_0 \tau}{16L} + \frac{3nS_1 B_0 \tau}{64L} = \frac{7nS_1 B_0 \tau}{64L}$$

$$q = q_1 + q_2 = \frac{10nS_1 B_0 \tau^2}{64L} = \frac{5nS_1 B_0 \tau^2}{32L}$$

$$\text{Отсюда: } \frac{nS_1 B_0}{4L}, \frac{5nS_1 B_0 \tau}{32L}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$a = 11F$$

$$b = 10,5F$$

$$\Delta = 5,5F$$

$$R_n = ?$$

Изображение S' в линзе расположено на расстоянии f от линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{Fa}{a-F} = \frac{11F}{0,1} = 11F$$

Лучи возвращаются в $S \Rightarrow$ после преломлений и отражений в центре попадают в S' (или S' лежит на их продолжении)

1) Не зависит от $n \Rightarrow$ пусть $n=1$

Все лучи, испущенные из S' , после отражения возвращаются в $S' \Rightarrow S'$ — центр O шара

$$R = 0,5F$$

Действительно, при любых n лучи попадают на границу раздела радиально

и не преломляются $\Rightarrow$ изображением S' в шаре будет S'

2) Луч возвращается в S'

$\angle$ — угол преломления $\Rightarrow$ угол падения равен

(с учетом знака αd)

Из геометрических соображений:

$$h = 2d \cdot 0,5F$$

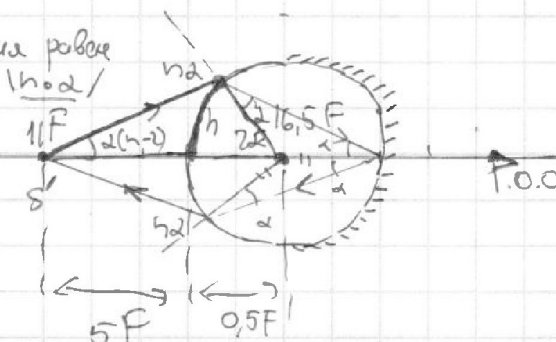
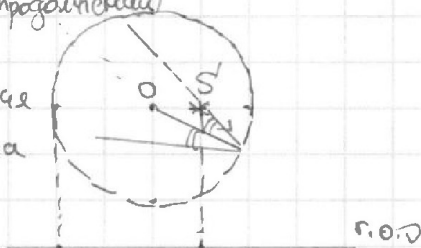
$$h \approx d(2n-2) \cdot 5F$$

$$2d \cdot 0,5F = 2(n-2) \cdot 5F$$

$$0,2 = n-2$$

$$n = 2,2$$

Ответ: $0,5F$; $2,2$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Handwritten solution on grid paper for a physics problem involving electric fields and potentials of two concentric spheres.

Diagram 1: Shows two concentric spheres with radii r_1 and r_2 . A point charge q is located at a distance x from the center. The electric field E is shown as a vector pointing away from the charge. The potential φ is indicated.

Diagram 2: Shows the electric field E as a function of distance x . The field is zero for $x < r_1$ and $x > r_2$. The field is non-zero for $r_1 < x < r_2$.

Diagram 3: Shows the potential φ as a function of distance x . The potential is constant for $x < r_1$ and $x > r_2$. The potential is non-constant for $r_1 < x < r_2$.

Calculations:

For the electric field E in the region $r_1 < x < r_2$:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 x^2}$$

For the potential φ in the region $r_1 < x < r_2$:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{r_2} \right) + \varphi(r_2)$$

The potential $\varphi(r_2)$ is determined by the condition that the potential is continuous at $x = r_2$:

$$\varphi(r_2) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_2}$$

The final expression for the potential φ in the region $r_1 < x < r_2$ is:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_2}$$

The final expression for the electric field E in the region $r_1 < x < r_2$ is:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 x^2}$$

The final expression for the potential φ in the region $x < r_1$ is:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_2}$$

The final expression for the potential φ in the region $x > r_2$ is:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 x}$$

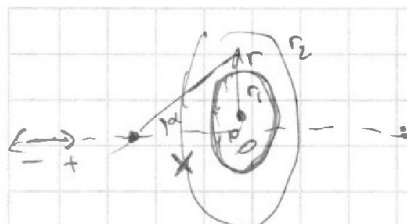


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
из

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$dE = \frac{k \sigma \cdot 2\pi r dr}{(r^2 + x^2)^{3/2}} \cdot x$$
$$E_x = 2k\sigma\pi x \cdot \int_0^R \frac{2r dr}{(r^2 + x^2)^{3/2}} = -2k\sigma\pi x \cdot \frac{1}{\sqrt{r^2 + x^2}} \Big|_0^R$$
$$E_x = 2k\sigma\pi x \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{1}{\sqrt{0^2 + x^2}} \right)$$
$$E_x = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} x \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{1}{x} \right)$$
$$d\varphi = \frac{k \sigma \cdot 2\pi r dr}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$
$$\varphi = 2k\sigma\pi \cdot \left(\sqrt{R^2 + x^2} - \sqrt{0^2 + x^2} \right)$$
$$\varphi_{\text{center}} = q \cdot \frac{1}{2\epsilon_0} \left(\sqrt{R^2 + x^2} - \sqrt{R^2 + x^2} \right) - q \cdot \dots = 0$$

1) $\frac{W_c}{2} = 0$

2) $\frac{W_{\text{об}}}{2} = \frac{W_{\text{об}}}{2} + W_c$

$$W_c = q \sigma \left(\sqrt{R^2 + \left(x - \frac{l}{2}\right)^2} - \sqrt{R^2 + \left(x + \frac{l}{2}\right)^2} \right)$$
$$\frac{dW}{dx} = 0$$
$$\frac{1}{2\epsilon_0} \left(\frac{x - \frac{l}{2}}{\sqrt{R^2 + \left(x - \frac{l}{2}\right)^2}} - \frac{x + \frac{l}{2}}{\sqrt{R^2 + \left(x + \frac{l}{2}\right)^2}} \right) = 0$$
$$\frac{x - \frac{l}{2}}{\sqrt{R^2 + \left(x - \frac{l}{2}\right)^2}} = \frac{x + \frac{l}{2}}{\sqrt{R^2 + \left(x + \frac{l}{2}\right)^2}}$$
$$\left(\frac{1}{R^2 + \left(x - \frac{l}{2}\right)^2} - \frac{1}{R^2 + \left(x + \frac{l}{2}\right)^2} \right) = 0$$
$$E_x = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(x - \frac{l}{2}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(x + \frac{l}{2}\right)^2}} \right)$$
$$U_{\text{max}}, U_{\text{min}} \Rightarrow F_x = F_+$$
$$F_x = q \sigma \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(x - \frac{l}{2}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(x + \frac{l}{2}\right)^2}} \right)$$
$$Q = \sqrt{\frac{k}{\mu \omega}}$$
$$x = \frac{v_{\text{max}}}{\omega} \sin \omega t + C \sin \omega t + D \cos \omega t$$
$$\frac{v_{\text{max}}}{\omega} = C \sin \omega t + D \cos \omega t = \frac{l}{2} \cdot \sin \omega t$$
$$\frac{v_{\text{max}}}{\omega} = \frac{l}{2} \cdot \sin \omega t$$
$$C = \sqrt{\left(\frac{v_{\text{max}}}{\omega} \right)^2 + \left(\frac{l}{2} \right)^2} = \frac{v_0}{\omega} = \frac{C_0 \cos \omega t}{\omega}$$
$$= \sqrt{\left(\frac{0.3 \cdot 2 \cdot 10^3}{36} \right)^2 + \left(\frac{1}{4} \cdot \frac{2}{36} \right)^2} = \frac{2}{36}$$

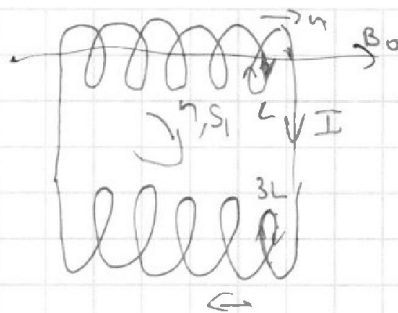


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0$$

$$-nS_1 \frac{dB}{dt} - L \frac{dI}{dt} - 3L \frac{dI}{dt} = 0$$

$$-nS_1 \frac{dB}{dt} = 4L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{nS_1}{0,5F-R} = \frac{4L}{\frac{a+b+2R}{c+b+R} + (2-n)}$$

$$-nS_1 dB = 4L dI$$

$$-nS_1 \Delta B = 4L \Delta I$$

$$-nS_1 (0 - B_0) = 4L (I_0 - 0)$$

$$I_0 = \frac{nS_1 B_0}{4L}$$

$$\frac{nS_1}{0,5F-R} = \frac{11,6F+2R}{1,6F+R} + 2-n$$

$$\frac{nS_1 (0,5F)}{0,5F-R} = \frac{11,6F+2R}{1,6F+R} + 2$$

$$-nS_1 \frac{dB}{dt} = 4L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = -\frac{nS_1 k}{4L}$$

$$I = -\frac{nS_1 k}{4L} t$$

$$q_1 = -\frac{nS_1}{4L} \cdot \frac{3B_0}{4} \cdot \frac{2}{\tau} \cdot \frac{\tau^2}{4}$$

$$q = -\frac{nS_1 k t^2}{8L}$$

$$= \frac{3nS_1 B_0 \tau}{64L}$$

$$I_1 = \frac{nS_1 \cdot 3B_0}{4L} \cdot \frac{\tau}{2}$$

$$= \frac{3B_0 nS_1}{16L}$$

$$0,5F = R$$

$$I = \frac{3B_0 nS_1}{16L} - \frac{nS_1 k}{4L} \left(t - \frac{\tau}{2}\right)$$

$$k_1 = \frac{B_0}{4} \cdot \frac{16L}{\tau} = \left(\frac{B_0}{\tau}\right)$$

$$I = \frac{3B_0 nS_1}{16L} - \frac{nS_1 \cdot \frac{B_0}{\tau} \cdot \frac{\tau}{2}}{4L} = \frac{nS_1 k_1 t}{4L}$$

$$I = \frac{B_0 nS_1}{8L} - \frac{nS_1 k_1 t}{4L}$$

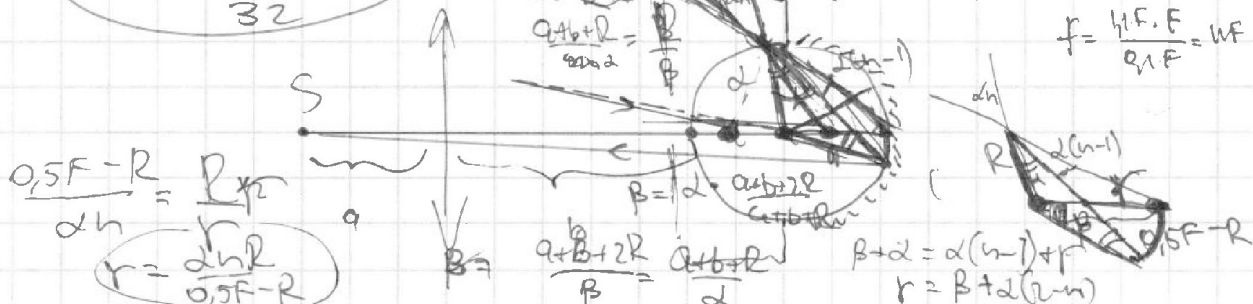
$$q_2 = \frac{B_0 nS_1}{8L} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{\tau^2}{2} + \frac{nS_1 \cdot \frac{B_0}{\tau}}{4L} \cdot \frac{\tau^2}{8} \left(\frac{\tau^2}{2} - \frac{\tau^2}{8}\right)$$

$$= \frac{B_0 nS_1 \tau}{32} + \frac{3nS_1 B_0 \tau}{64L} = \frac{7nS_1 B_0 \tau}{64L}$$

$$q = \frac{5nS_1 B_0 \tau}{32}$$

$$\frac{1}{1,1} \cdot \frac{1}{F} = \frac{1}{1,1F} + \frac{1}{F}$$

$$f = \frac{1,1F \cdot F}{0,1F} = 11F$$



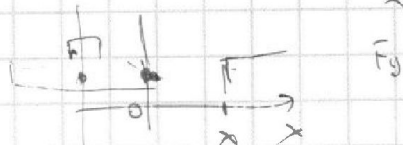
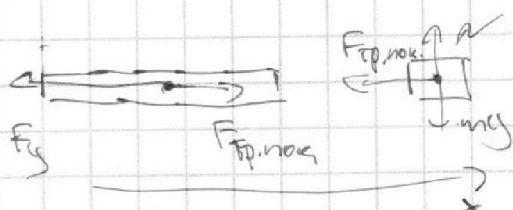


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$x_0 = \frac{\mu(m+m_1)g}{k} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10}{36} = 0,25 \text{ м}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m+m_1}x = 0$$

$$x = A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

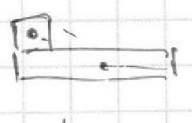
$$x(0) = 0 \Rightarrow A = 0$$

$$v_x = B\omega \cos \omega t$$
$$B\omega = v_0 \Rightarrow B = \frac{v_0}{\omega}$$

$$\frac{\mu(m+m_1)g}{k} = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

$$\omega t = \frac{\pi}{3}$$

$$t = \frac{\pi}{3\omega} = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{m+m_1}{k}} = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{1}{12}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \text{ с}$$



$$m a_x = F_{тр.пол.} - kx$$

$$a_x = \frac{\mu m g}{m+m_1} - \frac{kx}{m+m_1}$$

$$x = \frac{\mu m g}{k} + C \sin \Omega t + D \cos \Omega t$$

$$v_x = \frac{\mu m g}{k} \Omega \cos \Omega t + C \Omega \cos \Omega t - D \Omega \sin \Omega t$$

$$\dot{x} = \frac{\mu m g}{k} \Omega \cos \Omega t + C \Omega \cos \Omega t - D \Omega \sin \Omega t$$

$$\ddot{x} = -\Omega^2 C \sin \Omega t - D \Omega^2 \cos \Omega t$$

$$(x + \frac{1}{4} \sqrt{12}) \frac{1}{4} \sqrt{12} \frac{1}{2\sqrt{3}}$$

$$m a_x = -kx + \mu m g$$

$$m a_x = -F_{тр.пол.}$$

$$m a_x = F_{тр.пол.} - kx$$

$$a_x = -\frac{kx}{m+m_1}$$

$$F_{тр.пол.} = \frac{\mu k x}{m+m_1} \leq \mu m g$$

$$kx \leq \mu(m+m_1)g$$

$$x \leq \frac{\mu(m+m_1)g}{k}$$

$$m a_x = -kx + \mu m g$$

$$\sqrt{\frac{k}{m+m_1}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = \sqrt{12}$$

$$x = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

$$m a_x = -\mu m g + kx - \mu m g = kx - 2\mu m g$$

$$\sin \omega t = \frac{\mu(m+m_1)g \omega}{k v_0} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10 \cdot \sqrt{12}}{36 \cdot 1} = \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$x = \frac{\mu(m+m_1)g}{k} \cos \omega t = \frac{2\sqrt{3}}{2} \cos \omega t = \sqrt{3} \cos \omega t$$

$$Amp = \frac{kx_0}{2} - \frac{kx_0}{2} - \frac{(\mu m g)^2}{2k} = \frac{2\sqrt{3}}{2} \cos \omega t = \frac{2\sqrt{3}}{2}$$

$$\Omega t = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \sqrt{18} = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$\Omega = \sqrt{\frac{k}{m+m_1}}$$

$$\sin \Omega$$

$$x = \frac{\mu m g}{k} + C \sin \Omega t + D \cos \Omega t$$

$$v_x = \frac{\mu m g}{k} \Omega \cos \Omega t + C \Omega \cos \Omega t - D \Omega \sin \Omega t$$

$$\dot{x} = \frac{\mu m g}{k} \Omega \cos \Omega t + C \Omega \cos \Omega t - D \Omega \sin \Omega t$$

$$\ddot{x} = -\Omega^2 C \sin \Omega t - D \Omega^2 \cos \Omega t$$

$$(x + \frac{1}{4} \sqrt{12}) \frac{1}{4} \sqrt{12} \frac{1}{2\sqrt{3}}$$

$$m a_x = -kx + \mu m g$$